

Technická zpráva číslo 306/2018

**NÁVRH IN SITU MODELU PRO
PVP BUKOV A NÁVRH
VĚCNÉHO A ČASOVÉHO
HARMONOGRAMU PRACÍ PRO
PVP BUKOV**

Autoři: Zuna M., Dobrev D.

ÚJV Řež, a. s.

Praha, červen 2018



Název projektu: Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště

Název dílčího projektu: Test omezení koroze UOS využitím drenážní vrstvy v úložných vrtech

Název dílčí etapové zprávy: Návrh in situ modelu pro PVP Bukov a návrh věcného a časového harmonogramu prací pro PVP Bukov

Technická zpráva

Evidenční číslo objednatele: SÚRAO TZ 306/2018

Evidenční číslo poskytovatele: PB-2016-ZL-S0578-026-TestDrenazi

ŘEŠITELÉ:

ÚJV Řež, a. s.¹,

Autoři: Mgr. Milan Zuna Ph.D, Ing. David Dobrev






Obsah

1	Úvod	8
2	Návrh experimentu v PVP Bukov	9
3	Příprava pro in - situ experiment	10
3.1	Umístění experimentu v podzemní laboratoři PVP Bukov	10
3.2	Návrh instrumentace pro experimenty In-situ	11
3.3	Příprava lokality - charakterizace.....	13
3.4	Vrtné práce	14
3.5	Příprava bentonitu.....	15
4	Instalace a ukončení experimentu	15
5	Závěr	16
6	Návrh věcného a časového harmonogramu prací	17
7	Reference	18


Seznam obrázků:

Obr. 1	návrh modulů „drenáž“ s perforovaným vnějším košem (drenážní vrstva)	12
Obr. 2	Varianta 1. - Větší průměr modulů, do hloubek (cca 5 m) Vlevo – návrh modelu „drenáž“ vpravo model „puklina“	13
Obr. 3	Varianta 2. Menší průměr modulů, do větších hloubek (cca 5 - 10 m), Vlevo – návrh modelu „drenáž“ vpravo model „puklina“	13

 SÚRAO	Návrh in situ modelu pro PVP Bukov a návrh věcného a časového harmonogramu prací pro PVP Bukov	Evidenční označení:
		<i>SÚRAO TZ 306/2018</i>

Seznam použitých zkratk:

BaM	Bentonit a montmorillonit (označení komerčního bentonitového produktu)
OS	Obalový soubor
UOS	Ukládací obalový soubor
THM	Termo – hydro - mechanické procesy
TUL	Technická univerzita v Liberci
ÚGN	Ústav geoniky Akademie věd ČR, v.v.i.
ÚJV	ÚJV Řež, a. s.

 SÚRAO	Návrh in situ modelu pro PVP Bukov a návrh věcného a časového harmonogramu prací pro PVP Bukov	Evidenční označení:
		<i>SÚRAO TZ 306/2018</i>

Abstrakt

Cílem této zprávy je navrhnout experimentální uspořádání pro stanovení vlivu nerovnoměrného sycení bentonitu na korozi uhlíkové oceli za podmínek simulujících předpokládané podmínky v hlubinném úložišti radioaktivních odpadů.

Na základě získaných zkušeností z fyzikálních laboratorních modelů navrhnout věcný a časový harmonogram prací pro in-situ experimenty v PVP Bukov zaměřené na studium vlivu drenáže na korozi UOS.

Klíčová slova

Koroze, bentonit, drenáž, in-situ, PVB Bukov


Abstract

The aim of this report is to propose an experimental arrangement for determining the effect of uneven bentonite saturation on the corrosion of carbon steel under conditions simulating the predicted conditions in a deep repository of radioactive waste.

Based on the experience gained from physical laboratory models, we propose a material and time schedule for in-situ experiments in the Bukov PVP aimed at studying the effect of drainage on UOS corrosion.

Keywords

Corrosion, bentonite, drainage, in-situ, PVP Bukov

 SÚRAO	Návrh in situ modelu pro PVP Bukov a návrh věcného a časového harmonogramu prací pro PVP Bukov	Evidenční označení:
		SÚRAO TZ 306/2018

1 Úvod

Tato zpráva byla zpracována v rámci projektu SÚRAO „Výzkumná podpora bezpečnostního hodnocení hlubinného úložiště“, který je součástí přípravy hlubinného úložiště radioaktivních odpadů (dále jen HÚ). Cílem projektu je získat vybraná data, modely, argumenty a další informace potřebné pro zhodnocení potenciálních lokalit pro umístění HÚ z hlediska dlouhodobé bezpečnosti.

Cílem tohoto dílčího projektu *Test omezení koroze UOS využitím drenážní vrstvy v úložných vrtech* je


- 1) Návrh a příprava laboratorního fyzikálního modelu/modelů pro ověření vlivu drenáže na korozi uhlíkové oceli a vlastností bentonitu
- 2) Návrh a příprava matematických modelů a nástrojů pro matematické modelování procesů probíhajících při experimentu
- 3) Příprava zařízení pro fyzikální model in-situ v PVP Bukov (v případě, že se navržená hypotéza ukáže jako správná)
- 4) Příprava podrobného věcného a časové harmonogramu prací pro in-situ experiment v PVP Bukov
- 5) Vyhodnocení výsledků a zpracování zprávy

Cílem této zprávy je příprava zařízení pro fyzikální model in-situ v PVP Bukov a návrh věcného a časové harmonogramu prací.

V laboratorním měřítku byl sledován průnik vody k povrchu uhlíkové oceli v místech kontaktu dvou bentonitových segmentů. Tento jev by bylo vhodné do budoucna ověřit na „reálném“ systému v přírodním granitoidním masivu v dlouhodobém časovém horizontu, aby bylo možné případně zahrnout tento efekt při predikcích životnosti ukládacího obalového souboru. Zda je nebo není průnik vody na kontaktu bentonitových segmentů problémem, není možné na základě provedených experimentů určit.

Výsledky stanovení vlhkosti bentonitu dle očekávání odpovídají experimentálnímu uspořádání, tedy vyšší vlhkost byla pozorována v systému s drenážní vrstvou oproti systému s modelovou puklinou. Pro „zvýraznění“ tohoto efektu by bylo vhodné opět přistoupit k experimentu „in situ“, ale ve větším měřítku s výrazně silnější vrstvou bentonitu.

Podrobné vyhodnocení laboratorních experimentů je uvedeno ve zprávě (Dobrev et al., 2018)

 SÚRAO	Návrh in situ modelu pro PVP Bukov a návrh věcného a časového harmonogramu prací pro PVP Bukov	Evidenční označení:
		SÚRAO TZ 306/2018

2 Návrh experimentu v PVP Bukov

Základním předpokladem je příprava experimentů, které budou simulovat sycení bentonitu v okolí ukládacího obalového souboru (UOS) za podmínek simulujících období krátce po uzavření HÚ, kdy lze předpokládat, že bentonit není nasycen a že je přítomen tepelný tok, vznikající produkcí tepla z VJP. Současně je předpokládáno, že prostředí v okolí UOS je již anaerobní.

Cílem korozní zkoušky je sledování vlivu nerovnoměrného sycení kompaktovaného bentonitu na korozi uhlíkové oceli. Experimentální uspořádání je voleno tak, aby jeden systém s kompaktovaným bentonitem byl sycen rovnoměrně a u druhého systému bylo sycení bentonitu nerovnoměrné. Rovnoměrné sycení bentonitu by mělo být zajištěno drenážní vrstvou. Naproti tomu nerovnoměrné sycení bude realizováno pomocí pukliny (preferenční cestou).

Návrh experimentu závisí především na hloubce, do které budou instalovány korozní moduly. Výběr hloubky bude vycházet z měření oxidačně redukčního potenciálu (ORP) s ohledem na minimalizaci obsahu kyslíku a lokalizaci experimentů do aerobního prostředí. V případě lokalizace experimentů do hloubek větších jak cca 5 metrů bude navržené řešení technicky a tím i finančně náročnější.

Navržené experimenty umožňují vytvoření časové řady pro sledování korozního napadení a srovnání obdržných výsledků s výsledky laboratorních experimentů. Vzhledem k předpokládané rychlosti koroze je navrženo minimální časové rozložení vyjmutí modulů 1,5 a 3 roky. Pro studium korozních rychlostí by však bylo vhodnější delší období např. 2 a 4 let.


Požadavky, které bylo nutné zahrnout do návrhu řešení aparatury, jsou: teplota aparatury regulovaná na 70 °C, dlouhodobá životnost těsnicích materiálů při zvýšené teplotě, chemická odolnost a utěsnění experimentu pro zajištění anoxického prostředí modulů.

Návrh vychází ze zkušeností z mezinárodního projektu Material Corrosion Test (MaCoTe) a z koncepce laboratorních experimentů uskutečněných v roce 2017 a získaných zkušeností v průběhu prací.

Ve vybrané části PVP Bukov budou připraveny dva páry modelů, celkem tedy 4 modely. V každém páru bude jeden model s drenážní vrstvou a druhý bez drenážní vrstvy. V každém fyzikálním modelu bude umístěno topidlo, na němž bude umístěn sledovaný materiál (uhlíková ocel) v kontaktu s bentonitem (bentonitová okruží). Tento systém bude sycen přirozeně z horninového prostředí podzemní vodou.

Po ukončení experimentu bude systém rozebrán a budou analyzovány kovové vzorky a bentonit (stanovení stupně nasycení, mineralogické změny, interakce materiálů apod). Způsob analýzy materiálu bude upřesněn v návrhu experimentálního postupu.

Samotný návrh je koncipovaný tak, aby bylo možné moduly po stanovené době vyjmout a byl minimalizován vliv demontáže na vzorky oceli i samotného bentonitu.

 SÚRAO	Návrh in situ modelu pro PVP Bukov a návrh věcného a časového harmonogramu prací pro PVP Bukov	Evidenční označení:
		SÚRAO TZ 306/2018

3 Příprava pro in - situ experiment

Koroze uhlíkové oceli v prostředí hlubinného úložiště bude probíhat po uzavření úložišti za poměrně krátké období (vůči anaerobní fázi) po zreagování kyslíku v anaerobním prostředí. Laboratorní experimenty za anaerobních podmínek přinášejí důležité výsledky, pro řešení problematiky HÚ. Z technických důvodů však není možné u některých typů experimentů docílit předpokládaných podmínek v HÚ. Laboratorní výzkum musí být tedy doplněn i výzkumem in-situ, který poskytne doplňující informace k výzkumu laboratornímu. Využití podzemního pracoviště Bukov umístěného v hloubce 550 m pod povrchem země, proto poskytuje unikátní možnost pro experimentální práce za anaerobních podmínek v přírodním horninovém masivu.

Návrh in-situ experimentů je připraven co nejméně komplikovaný (méně instrumentovaný) a založený na časově posloupném vyjímání souboru několika sond z horninového prostředí tak, aby bylo možno postupně sledovat vývoj korozního napadení v obou uvažovaných případech, tj. s drenáží a bez drenáže.

Navržená instrumentace je navržena jako minimální pro získání potřebných dat pro řízení a kontrolu experimentu. Cílem je tak minimalizovat možné narušení experimentu a jeho sycení (např. ovlivnění vedením kabelů, minimalizovat přístup kyslíku, narušení měřicími čidly a jinými nehomogenitami v bentonitové bariéře).


3.1 Umístění experimentu v podzemní laboratoři PVP Bukov

Prvním krokem bude vybrání vhodného umístění experimentu, především s ohledem na anaerobní podmínky experimentu a možnostem na lokalitě PVP Bukov. Výběr bude založen na prostudování dat získaných při charakterizaci lokality PVB Bukov s ohledem na puklinovou síť a oxidačně redukční podmínky.

V prostředí PVP Bukov se vyskytují horniny strážeckého moldanubika a tvoří jihozápadní část širšího zájmového území. V jeho horninovém složení vystupují především cordierit-biotitické a amfibol-biotitické ruly v různé míře částečného tavení (migmatitizace). Tyto horniny obsahují polohy pestrých horninových vložek - amfibolitů, mramorů, eklogitů a metamorfovaných vápenato-silikátových hornin.

Mezi hlavními horninové typy převažují biotitické, amfibol-biotitické a amfibolické migmatity. Většinou se jedná o stromatitické migmatity s pásky leukosomu, mesosomu a melanosomu o mocnosti do několika cm. Intenzita migmatitizace je však variabilní a místy nalezneme až 50 mocné polohy nebulitů nebo až 30 cm mocné polohy melanosomu. V migmatitech vzácně nalezneme tenké vložky vápenatosilikátových hornin (Bukovská a Verner, 2017).

Poměrně časté jsou tenké žíly pegmatitů a granitů. Běžné jsou také drobné hydrotermální žíly většinou jen několik mm mocné. Jedná se o křemenné nebo křemen-karbonátové žíly s akcesorickým množstvím sulfidů. V okolí tektonických poruch je běžná katakláza až mylonitizace. Horniny jsou lokálně postiženy hydrotermální alterací (Bukovská a Verner, 2017)

 SÚRAO	Návrh in situ modelu pro PVP Bukov a návrh věcného a časového harmonogramu prací pro PVP Bukov	Evidenční označení:
		SÚRAO TZ 306/2018

3.2 Návrh instrumentace pro experimenty In-situ

S ohledem na rozdílné požadavky a instrumentaci modelu s „drenáží“ a s „puklinou (bez drenáže), jsou navrženy 2 typy modulů a konstrukčního řešení.

- 1) modul „drenáž“ vycházející z konstrukce laboratorních experimentů a projektu (MaCoTe)
- 2) modul „puklina“ bez drenážní vrstvy. V případě realizace podobných experimentů typu MaCoTe v PVP Bukov je následně možné srovnání mezi experimenty.

Instrumentace experimentu bude tvořena základními prvky: 1) topidlo 2) regulační systém vytápění 3) monitorovacího systému záznamu teplot 4) případné další měření – tlak, odběry vody – hydrochemie.

Návrh experimentu závisí především na hloubce umístění korozních modulů (zajištění anaerobního prostředí). Z tohoto důvodu jsou navrženy 2 varianty experimentu Varianta 1 – do hloubky 5 m, Varianta 2 - do hloubky 10 m (5 - 10 m). U varianty 1 by bylo vhodné realizovat vrty o větším průměru s lepší možností sledování rychlosti a způsobu saturace modulů. U varianty 2 je oproti tomu zachovaná stejná geometrie jako u laboratorních experimentů a in-situ experimentu MaCoTe, avšak s omezeným množstvím bentonitového materiálu a tloušťky segmentu tedy i rychlé saturaci u obou modelů.

V případě realizace experimentu do hloubky větších než 10 m je nutná modifikace navržených postupů, technologii a instrumentace. Je zřejmé, že instrumentace do větších hloubek bude časově, technologicky a finančně náročnější.


Návrhy modulů s „drenáží“ a bez drenáže s puklinou „puklina“

1) Moduly „drenáž“

Pro snadné spuštění a vyjmutí modulů je navržen modul, který tvoří uzavřený celek, skládající se z vnějšího pláště (perforovaný nerezový obal) a filtrační tkaniny. Vnější plášť tak umožní rovnoměrný přísun podzemní vody k bentonitovým segmentům kompaktovaného bentonitu (simulace drenáže) a usnadní manipulaci při spouštění a následném vyjmutí modulů. Výhodou tohoto modelu je, že není nutné obvrtní modelu při vyjímání modulů a tím možné narušení prostředí a samotných vzorků bentonitu, materiálových vzorků, současně bez destrukce instrumentovaných částí. Konstrukce vychází z modulu nenavrženého v projektu MaCoTe (Dobrev 2014, Dobrev a Zuna 2014).

Středem celé sestavy prochází trubka z korozivzdorné oceli (potažená vrstvou PTFE), do které bude umístěno topidlo. Nosná část aparatury slouží jednak k ohřevu celého systému a také jsou na ní umístěny moduly se vzorky. Ve středu horního čela je vyvrtaný otvor pro topnou patronu. Vedle otvoru pro topnou patronu jsou vyvrtané dva otvory pro regulační a měřicí termočlánky.

Topidlo bude řízeno pomocí regulační jednotky. Regulace bude probíhat pomocí jednoho z teplotního čidla umístěného v blízkosti topidla (v nerez trubce). Pro případ možné poruchy čidla budou do těla trubky instalovány 4 čidla s možností následného přepojení. Regulační jednotky a záznamy teplot budou samostatné pro každý korozní modul. Pro regulaci a záznam dat bude vyroben rozvaděč. Rozvaděč a další instrumentace bude splňovat podmínky pro vlhké prostředí a po kompletaci bude nejprve podrobně otestována v laboratoři.

 SÚRAO	Návrh in situ modelu pro PVP Bukov a návrh věcného a časového harmonogramu prací pro PVP Bukov	Evidenční označení:
		SÚRAO TZ 306/2018

Na středový nerezový segment budou navlečeny vzorky z uhlíkové oceli a utěsněny O-kroužky.

K vnějším stranám zkušebních vzorků budou přiléhat mezikruží z bentonitu BaM (bentonit a montmorilonit, KERAMOST) nalisovaného na požadovanou suchou objemovou hmotnost po bobtnání ($1,6 \text{ g.cm}^{-3}$). Prostor mezi bentonitem a stěnami ocelových okružích bude vyplněn drenážní vrstvou (ocelové okružích a nerez tkaniny). Otvory v ocelových okružích (síťce) budou sloužit jako plošný zdroj syčení vodou a tím simulovat „drenáž“. Případně může být drenážní vrstva doplněna drenáží z křemičitého písku pro srovnání s laboratorními moduly.



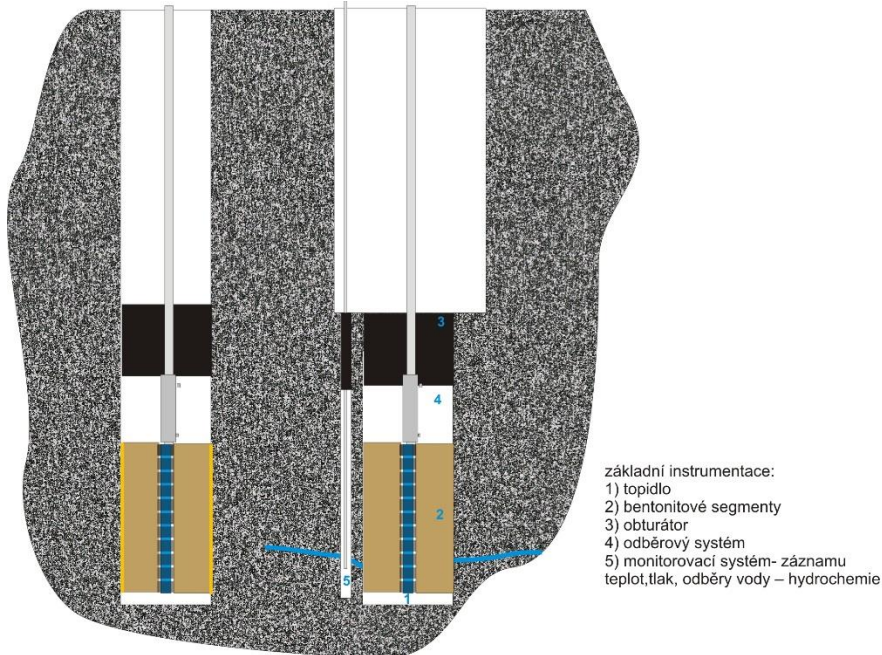
Obr. 1 návrh modulů „drenáž“ s perforovaným vnějším košem (drenážní vrstva)

Zajištění anaerobních podmínek bude provedeno pomocí obturátoru, který umožní vyvedení kabelů od topné patrony a snímačů teploty. Prostupy budou utěsněny pomocí pryskyřice (na bázi polyuretanu), která zamezí případnému prostupu kyslíku. Mechanický/pneumatický obturátor bud mít délku těsnícího intervalu okolo 1 m.

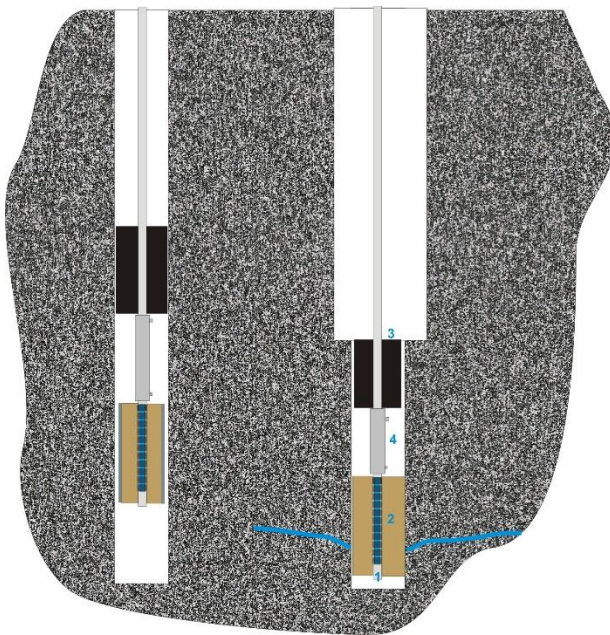
2) Modul „puklina“

Při uspořádání bez drenážní vrstvy budou bentonitová mezikruží vyplňovat celý vnitřní průměr vrtu, aby probíhalo syčení z „bodového“ zdroje. Na rozdíl od varianty s drenážní vrstvou bude modul saturován pouze vodivou poruchou/puklinou pro studiu bodového syčení vzorků bentonitu v menší míře pak z horninového masívu. Tento požadavek klade zvýšené nároky na charakterizaci prostředí, způsoby instrumentace a následného vyjímání modulů. Komplikace by mohli nastat při hledání vhodné pukliny, která bude přivádět anaerobní podzemní vodu.

Zvolená ideální varianta by měla být taková, aby pro modely s „drenáží“ a bez drenáže „puklina“ bylo možné sledovat výraznější rozdíly ve změnách v rychlosti a způsobu saturace. V modelech s drenáží o tloušťce 10 mm dojde k saturaci bentonitu velice rychle – již v řádu dnů: bez tlakového syčení dosáhnou modely 97% saturace za 16 dní, s aplikovaným tlakem 3 MPa dokonce za 10 dní. Proto by bylo vhodné modely zkonstruovat v širším průměru než navržené a řešené moduly 86 mm. Tato varianta je však s ohledem na vrtné práce a celkově složitější způsob zapouštění a následnou instrumentaci finančně i materiálově náročnější. Současně je realizovatelná pouze do nižších hloubek cca 5 m. Celková koncepce by zůstala zachována, pouze u varianty 1 by bylo nutné provést širší vrty (např. 300 – 450 mm) a nalisování bentonitových segmentů většího průměru (Obr. 2).



Obr. 2 Varianta 1. - Větší průměr modulů, do hloubek (cca 5 m) Vlevo – návrh modelu „drenáž“ vpravo model „puklina“




Obr. 3 Varianta 2. Menší průměr modulů, do větších hloubek (cca 5 - 10 m), Vlevo – návrh modelu „drenáž“ vpravo model „puklina“

3.3 Příprava lokality - charakterizace

Pro realizaci a přípravu experimentu je nutné vytvoření vhodných podmínek a potřebného zázemí.

Příprava lokality a činnosti pro charakterizaci prostředí obsahuje především:

- lokalizace experimentu – vybrání vhodného umístění experimentu

 SÚRAO	Návrh in situ modelu pro PVP Bukov a návrh věcného a časového harmonogramu prací pro PVP Bukov	Evidenční označení:
		SÚRAO TZ 306/2018

- zajištění rozvodů elektrické sítě a osvětlení do vybrané rozrážky
- přivedení datové sítě pro vzdálený přenos dat
- přivedení rozvodu podzemní vody (pro vrtné práce apod.)
- vytvořené betonového pláta – pro manipulaci vrtných prací (uchycení vrtné soupravy)
- vrtné práce – realizace
- důkladné vyčištění – vyčerpání vrtů
- geologický popis vrtného jádra
- záznam vrtů optickou kamerou
- hydrochemická analýza včetně měření hydrochemického profilování ve vrtech
- studium Eh podmínek ve vrtu

U vrtů s puklinou (bez drenáže) navíc realizovat doplňující testy

- u vybraných vrtů (pro studium pukliny) bude proveden záznam akustickou kamerou – pro zjištění pozice a orientace puklin
- hydrodynamické testy (tlakové zkoušky pro zjištění vodivé poruchy)

S ohledem na utěsnění vrtu proti průniku kyslíku k experimentu (zaručení anaerobního prostředí po celou dobu experimentu) bude důležité kvalitní utěsnění vrtu. Pro zatěsnění vrtů bude použit v případě vrtu do 5 m mechanický obturátor. V případě potřeby hlubších vrtů bude využit pneumatický jednoduchý obturátor, který bude případně dotěsněn pryskyřicí (vyhnout se použití betonu s ohledem na kontaminaci vrtů výluhy betonu či vrtnou mělí).


3.4 Vrtné práce

Vrty budou orientovány vertikálně do počvy vybrané rozrážky. Vrtání bude prováděno jádrově diamantovou rotační technologií (minimální výnos jádra 90 %). Jádro bude vrtáno orientovaně, vertikálně do počvy vybrané rozrážky. Voda pro výplach bude zajišťována z místních zdrojů a bude probíhat za anaerobních podmínek (voda bude před vrtáním nasycena N₂ u uzavřené nádobě).

Geologický dozor bude dohlížet na provádění vrtných prací. Bude rozhodovat o ukončení vrtných prací v závislosti na kvalitě vrtného jádra, bude dokumentovat průběh prací a popisovat vrtné jádro stejně tak průběh vrtání a reakce horninového systému na vrtání. Především pak sledovat změny ve výtocích s ohledem na zjištění zvodnělých puklin.

Po dokončení vrtání budou ústí a konce vrtů polohopisně zaměřeny, změřena bude délka, konečný průměr vrtu a úklon. Vrty budou umístěny orientovaně do připravených vzorkovnic. Horninové jádro bude geologicky zdokumentované a stanoven Rock Quality Designation Index pro posouzení kvantity horninového masivu. Vrty by měl být po ukončení vrtných prací uzavřeny proti pronikání kyslíku.

Pro plánované korozní sondy budou vyvrtány 4 vrty. Nejprve bude vyvrtán 1. vrt o průměru 70-100 mm a hloubce 5 m, který bude sloužit pro průzkum vybrané lokality a studium požadovaných vlastností (Eh podmínky, přítomnost puklin, hydraulické parametry aj.). Po odvrtání bude proveden geologický popis jádra a záznam optickou kamerou, následně pak akustickou televizí. V případě, že hodnoty O₂ (Eh) budou pro experiment vysoké, bude vrt prohlouben o dalších 5 m (do hloubky 10 m) a měření zopakované v tomto intervalu. Následně budou realizovány zbývající vrty.

 SÚRAO	Návrh in situ modelu pro PVP Bukov a návrh věcného a časového harmonogramu prací pro PVP Bukov	Evidenční označení:
		SÚRAO TZ 306/2018

V případě varianty 2) budou realizovány 4 vrty o průměru 70-100 mm. Po monitoringu vrtů budou následně vrty bez drenáže „puklina“ převrtány větším průměrem cca 180 - 250 mm. Návrh bude ukončen v hloubce nad těsnícím obturátorem (Obr. 3). Širokoprofilový vrt usnadní vysunutí modulu „puklina“ při rozebírání experimentu. V případě, že by se nepodařilo modul vysunout, bude převrtaná spodní část vrtu (kolem pakru a modulu). Hloubka vrtů bude záviset na zjištěných parametrech (koncentrace O₂, Eh podmínky).

V případě zvolení varianty 1) bude průzkumný vrt 50 mm následně využit pro monitoring okolí experimentu a stabilizaci horniny (impregnaci horniny a puklinové části pryskyřicí) před vyjmutím modulů (Obr. 2). Hlavní centrální vrt bude o průměru cca 300 - 450 mm a převrtán větším průměrem cca 450 – 550 mm.

Po odvrtání budou vrty opakovaně důkladně vyčištěny tlakovou vodou a vyčerpány až do vymizení zákalu. Geologický dozor bude posuzovat vyčištění vrtu.

3.5 Příprava bentonitu

Bentonit plánovaný pro In-situ experimentální modelu je český bentonit. Bude použit stejný materiál, jako byl použit i v laboratorních experimentech. Pro lisování bentonitových segmentů budou vyrobeny lisovací přípravky a nalisovány segmenty bentonitu pomocí lisu MEGA 11-300 DM1S (Form+Test Seidner+Co GmbH, Německo). Bentonitové segmenty budou nalisovány na požadovanou objemovou hmotnost. Lisování segmentů s větším průměrem (varianta 1, průměr segmentů kolem 120 mm) bude zajištěno lisem externí firmy s vyšším lisovacím tlakem.


4 Instalace a ukončení experimentu

Před samotnou instalací korozních modulů bude proveden odběr pozemní vody pro hydrochemické analýzy a provedeno hydrochemické profilování (pH, ORP, vodivost, koncentrace kyslíku). U vrtů s „puklinou“ bude v puklinové zóně provedeno měření zaměřené na sledování vývoje koncentrace kyslíku a Eh po dobu minimálně 21 dní při současném utěsnění zhlaví vrtu (zamezené přístupu O₂).

Po kompletaci korozních modulů budou převezeny na lokalitu a uzavřeny proti saturaci vzdušné vlhkosti, která je v prostředí PVP vysoká. Před zahájením spouštění modulů, budou vrty důkladně vyčerpány, aby nedocházelo k bobtnání bentonitu již při samotném zapouštění.

Instalace modulů bude záležet především na hloubce, do které budou experimenty instalovány. Dle toho budou zvoleny průměry vrtů a způsoby zapouštění.

Experimenty budou probíhat dle zvolené délky experimentu. Jako minimální délku pro sledování změn navrhujeme vyjmutí modulů 1 (po 1 roce experimentu) modulů 2 po 3 letech experimentu. Pro sledování výraznějších změn by bylo vhodné délku vyjmutí experimentů prodloužit (cca 5 – 10 let).

 SÚRAO	Návrh in situ modelu pro PVP Bukov a návrh věcného a časového harmonogramu prací pro PVP Bukov	Evidenční označení:
		SÚRAO TZ 306/2018

5 Závěr

V předložené zprávě jsou navrženy 2 varianty experimentů zaměřené na studium drenážní vrstvy a vlivu vodivé pukliny na saturaci bentonitu v in-situ podmínkách (PVP Bukov) a případně korozní ovlivnění materiálových vzorků rozdílnými způsoby saturace bentonitu.

V laboratorním měřítku byl sledován průnik vody k povrchu uhlíkové oceli v místech kontaktu dvou bentonitových segmentů. Dále záleží na technologickém řešení, ale případná existence mezer v bentonitu (resp. bentonitu s drenážní vrstvou) změní poměr hodnot objemové hmotnosti. Tímto dojde ke změně tepelné vodivosti, resp. množství odváděného tepla. Tento jev by bylo vhodné do budoucna ověřit na „reálném“ systému v přírodním granitoidním masivu v dlouhodobém časovém horizontu, aby bylo možné případně zahrnout tento efekt při predikcích životnosti ukládacího obalového souboru.

Vyšší vlhkost byla pozorována v systému s drenážní vrstvou oproti systému s modelovou puklinou. Pro „zvýraznění“ tohoto efektu by bylo vhodné opět přistoupit k experimentu „in situ“, ale ve větším měřítku s výrazně silnější vrstvou bentonitu. Velmi tak bude záležet na tloušťce bentonitové vrstvy. V laboratorním experimentu byl naměřen a modelován malý teplotní gradient. Tímto je pak vliv termální difúze malý a dochází k malé desaturaci okolí topidla. Pokud bude mít in-situ experiment silnější vrstvu bentonitu můžeme očekávat nižší rychlost saturace.

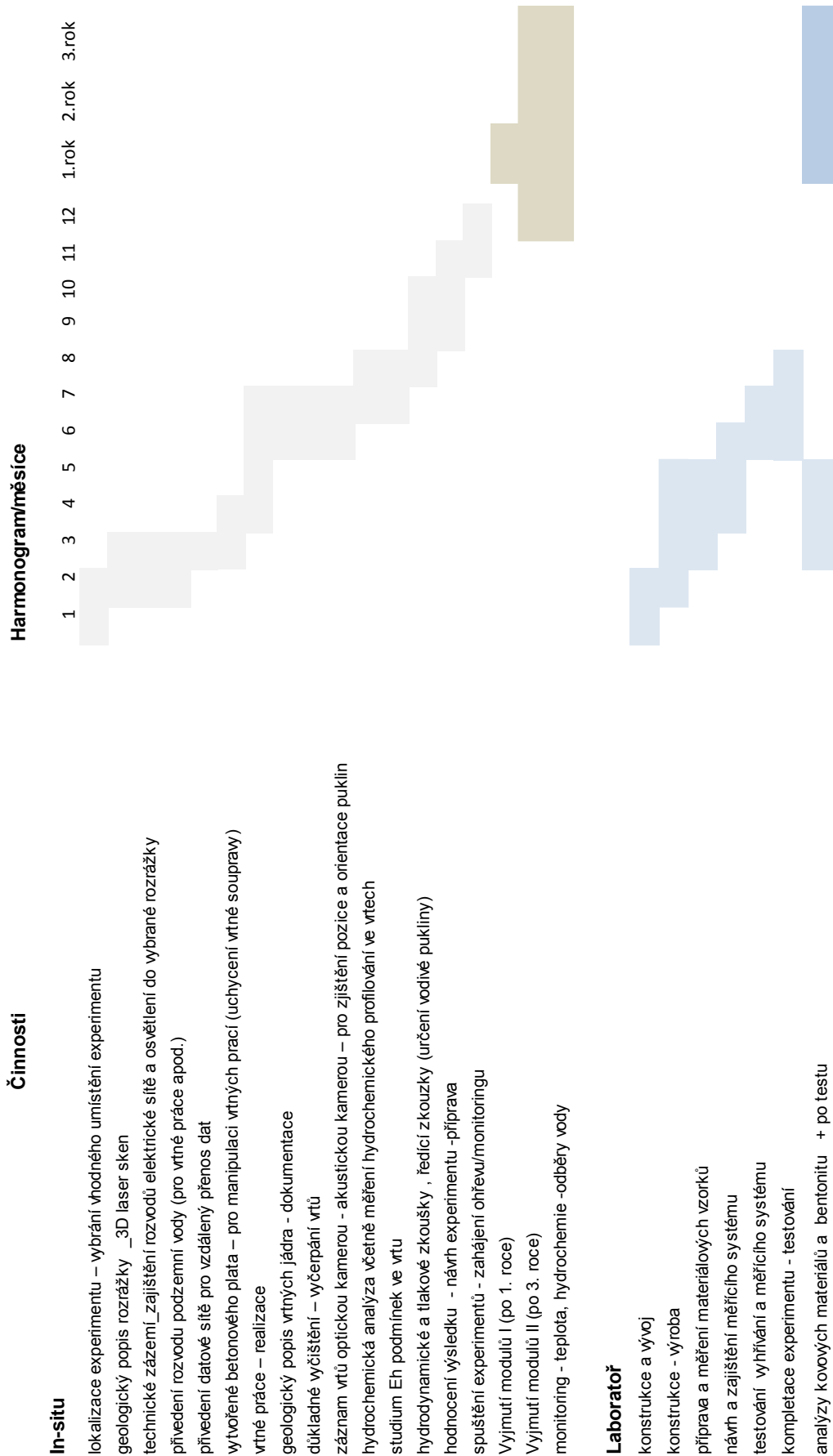
Proto by bylo vhodné zkonstruovat modely v širším průměru (cca 300 - 450 mm) a tloušťce bentonitové vrstvy. Tato varianta je však s ohledem na vrtné práce a celkově složitější způsob zapouštění a následnou instrumentaci finančně i materiálově náročnější, především v závislosti na hloubce vrtů (anaerobní prostředí).


V in-situ podmínkách má větší vliv přítomnost nerovnoměrné distribuce puklin s různými přítoky. Což způsobí jistou nejistotu v převzetí výsledků modelování a jejich aplikaci v in-situ podmínkách (Dobrev et al., 2018). Před spuštěním modulu je tak potřeba podrobná charakterizace puklinové sítě ve studovaném vrtu.

Konkrétní technické řešení je závislé na hloubce, do které budou experimenty instalovány. Hloubka instalace má významný vliv na možné způsoby instalace a následné vyjmutí aparatury z vrtu.

Jako minimální délku pro sledování změn navrhujeme vyjmutí modulů 1 (po 1 roce experimentu) modulů 2 po 3 letech experimentu. Pro sledování výraznějších změn by bylo vhodné délku vyjmutí experimentů prodloužit na cca 5 – 10 let.

6 Návrh věcného a časového harmonogramu prací



 SÚRAO	Návrh in situ modelu pro PVP Bukov a návrh věcného a časového harmonogramu prací pro PVP Bukov	Evidenční označení:
		<i>SÚRAO TZ 306/2018</i>

7 Reference

- Dobrev D., Zuna M. (2014) Příprava korozní zkoušky v přírodním granitoidním prostředí Zapojení v projektu Material Corrosion Test (MaCoTe), Část zakázky č.2 Realizace a vyhodnocení MaCoTe experimentu v Grimsel Test Site. Průběžná zpráva projektu.
- Bukovská Z., Verner K. a kol. (2017) Komplexní geologická charakterizace prostorů PVP Bukov. Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Závěrečná zpráva ČGS.
- Dobrev D., Hančilová I., Hasal M., Hokr M., Kašpar V., Kouřil M., A. N. Mendoza Miranda, M. Zuna (2018) Test omezení koroze UOS využitím drenážní vrstvy v úložných vrtech, Zpráva SÚRAO

NAŠE BEZPEČNÁ BUDOUCNOST



SÚRAO

Správa úložišť radioaktivních odpadů

Dlážděná 6, 110 00 Praha 1

Tel.: 221 421 511, E-mail: info@surao.cz

www.surao.cz